

(11) Publication Number: 10-2001-0058236

(43) Publication Date: July 5, 2001

(21) Patent Application Number: 10-1999-0062452

(22) Filing Date: December 27, 1999

(71) Applicant: KOREA ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS  
RESEARCH INSTITUTE

(72) Inventors: Lee Juhaeng

(54) Title: METHOD OF CALCULATING OFFSET CURVE OF PLANE OBJECT  
UTILIZING SWEEP/UNSWEEP

**Abstract:**

It is an object of the present invention to provide a method of calculating an offset curve of a boundary line of a plane object by sequentially utilizing sweep/unsweep on the basis of only the most basic plane geometrical Boolean set operation for geometrical calculation.

According to the present invention, a method of calculating an offset curve of a plane object by utilizing sweep/unsweep includes the steps of: (a) calculating sweep by setting the boundary line  $P(t)$  of object  $O$  and a circle  $A$  with an offset radius  $d$ ; and setting outer boundary lines of  $S$  obtained at the step (a) as the outer offset curve of object  $O$  and setting inner boundary lines of  $S$  as the inner offset curve of the object  $O$ .

# (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. G06T 15/00	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2001-0058236 2001년07월05일
(21) 출원번호	10-1999-0062452	
(22) 출원일자	1999년12월27일	
(71) 출원인	한국전자통신연구원, 오길록 대한민국 305-350 대전 유성구 가정동 161번지	
(72) 발명자	이주행 대한민국 305-503 대전광역시유성구송강동8-2청솔아파트511-1203	
(74) 대리인	전영일	
(77) 심사청구	없음	
(54) 출원명	스윙/언스윙을 이용한 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법	

## 요약

본 발명은 기하 연산에서 가장 기본적인 평면 기하 부울리언 집합 연산에만 근거하여 순차적으로 스윙/언스윙 연산을 적용하여 평면 물체의 경계선의 오프셋 곡선을 계산하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

본 발명에 따르면, 스윙/언스윙을 이용한 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서, 물체 O의 경계선 P(t)를 설정하고, 오프셋 반경 d의 원 A를 설정하여, 스윙을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 구한 S의 외부 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고, S의 내부 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법이 제공된다.

## 대표도

도 8

명세서

## 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 이용되는 부울리언 집합 연산의 예를 나타낸 예시도이고,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스윙 경계선 계산의 예를 나타낸 예시도이고,

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 오프셋 곡선을 계산한 예시도로서, 도 3은 물체에 구멍이 없는 경우의 예시도이고, 도 4는 물체에 구멍이 한 개가 있는 경우의 예시도이고,

도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 스윙/언스윙으로 계산한 외부 오프셋 및 내부 오프셋의 예를 보여주는 예시도로서, 도 6은 상호 간섭 처리를 한 경우의 예시도이고,

도 7은 도 5의 (d)의 내부 오프셋을 계산할 때, 언스윙 연산을 순차적으로 적용해가는 과정을 보여주는 도면이고,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 원을 스윙시켜서 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도이고,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 물체를 원을 따라 스윙시켜서 외부 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도이고,

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 물체를 원을 따라 언스윙시켜서 내부 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 스윙/언스윙을 이용한 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법에 관한 것이며, 특히, 기하 연산에서 가장 기본적인 평면 기하 부울리언 집합 연산에만 근거하여 순차적으로 스윙/언스윙 연산을 적용하여 평면 물체의 경계선의 오프셋 곡선을 계산하는 방법에 관한 것이다.

평면 오프셋 곡선은 컴퓨터를 이용한 디자인 및 생산 과정에서 필수적인 기하 요소이다. 예를 들어, 평면 오프셋 곡선은 산업 디자인에서 수려한 폰트의 장식이나, 산업 현장에서 수치 제어 기계를 이용한 절삭 경로로 사용된다.

평면 곡선  $P(t)$ 에 대해서 거리  $d$ 만큼 떨어진 정확한 오프셋 곡선  $Q(t)$ 는 다음의 [수학식 1]에 의하여 계산할 수 있다.

#### 수학식 1

$$Q(t) = P(t) + d * N(t)$$

여기서  $N(t)$ 는  $P(t)$ 의 단위 법선 벡터이다. 그런데, 정확한  $N(t)$ 를 계산할 때, 필요로 하는 제곱근 연산은 CAD 시스템이나, 수치 제어 기계에서 정확하게 계산할 수 없다. 따라서, 종래의 방법들은 수치적인 근사 방법을 사용하고 있다.

종래의 근사 방법을 이용해야 하는 경우, 곡선에 대한 수학적 표현에 근거하여 곡선의 미분 성질을 이용해야 하며, 디자인이나 생산에 필요한 단계로 가기 위해서는 자기 교차나 상호 교차의 제거하는 단계를 거쳐야 한다. 특히, 수치 제어 기계의 절삭 경로가 결국에는 작은 선분으로 표현될 수 밖에 없다는 것을 감안한다면, 곡선에 근거한 기존의 방법은 하드웨어적인 구현에서 비효율적인 면이 있다. 더구나, 곡선의 자기 교차 계산은 직선간의 교차 계산에 비하여 계산량이 상당히 큰 편이며, 수치적 에러에 민감할 수밖에 없다.

스웜은 어떤 물체가 정하여진 경로를 따라 움직일 때, 휩쓸고 지나간 영역을 의미하며, 그 영역을 표현하는 경계선의 추출은 상당히 어려운 문제이다. 이 문제의 해결에 대해서는 물체의 경계선과 경로 곡선의 수학적 성질을 이용하는 방법이 알려져 있다. 하지만, 이 방법은 식을 유도하기 어려울 뿐만 아니라, 수치적으로도 안정적이지 않기 때문에, 간단한 문제에만 적용이 가능하다. 또한, 이런 수학적 방법을 이용해서 언스웜을 계산하는 것은 아직 알려진 바가 없다. 언스웜은 물체가 경로를 따라 움직일 때 매 순간 포함된 영역을 의미한다. 집합론적으로 볼 때 스웜은 무한 합집합으로 표현되며, 언스웜은 무한 교집합으로 표현된다.

오프셋, 스웜 및 콘볼루션은 민코프스키 연산과의 관계가 알려져 있기 때문에 물체의 경계선을 따라 원을 움직여서 오프셋 곡선을 계산하는 것은 매우 직관적인 개념이다. 하지만, 임의의 물체를 원을 따라 스웜시켜서 물체의 오프셋 곡선을 얻을 수 있다는 것은 거의 알려져 있지 않을 뿐 아니라, 구현되어진 결과가 없다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 기하 연산에서 가장 기본적인 평면 기하 부울리언 집합 연산에만 근거하여 순차적으로 스웜/언스웜 연산을 적용하여 평면 물체의 경계선의 오프셋 곡선을 계산하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

앞서 설명한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, 스웜/언스웜을 이용한 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서, 물체  $O$ 의 경계선  $P(t)$ 를 설정하고, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$ 를 설정하여, 스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 구한  $S$ 의 외부 경계선들을 물체  $O$ 의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고,  $S$ 의 내부 경계선들을 물체  $O$ 의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법이 제공된다.

또한, 스웜/언스웜을 이용한 평면 물체의 외부 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$  및 상기 원  $A$ 의 경계선  $A(t)$ 를 설정하고, 물체  $O$ 를 설정하여, 스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 계산한 스웜 곡선의 경계선들을 물체  $O$ 의 외부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 외부 오프셋 곡선 계산 방법이 제공된다.

또한, 스웜/언스웜을 이용한 평면 물체의 내부 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$ 와 그 경계선  $A(t)$ 를 설정하고, 물체  $O$ 를 설정하여, 언스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 계산한 언스웜 곡선의 경계선들을 물체  $O$ 의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 내부 오프셋 곡선 계산 방법이 제공된다.

또한, 컴퓨터에, 물체  $O$ 의 경계선  $P(t)$ 를 설정하고, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$ 를 설정하여, 스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 구한  $S$ 의 외부 경계선들을 물체  $O$ 의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고,  $S$ 의 내부 경계선들을 물체  $O$ 의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공된다.

또한, 컴퓨터에, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$  및 상기 원  $A$ 의 경계선  $A(t)$ 를 설정하고, 물체  $O$ 를 설정하여, 스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 계산한 스웜 곡선의 경계선들을 물체  $O$ 의 외부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공된다.

또한, 컴퓨터에, 오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$ 와 그 경계선  $A(t)$ 를 설정하고, 물체  $O$ 를 설정하여, 언스웜을 계산하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 계산한 언스웜 곡선의 경계선들을 물체  $O$ 의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공된다.

아래에서, 본 발명에 따른 양호한 일 실시예를 첨부한 도면을 참조로 하여 상세히 설명하겠다.

도 1은 본 발명에 이용되는 부울리언 집합 연산의 예를 나타낸 예시도로서, 스웜은 물체  $A$ 가 주어진 경로 곡선  $P(t)$ 를 따라서 움직일 때, 휩쓸고 지나간 영역  $S$ 를 의미한다. 물체가 회전하지 않고 움직이는 경우 시간,  $t$ 에서 물체를  $A(t)$ 라고 할 때, 스웜  $S$ 는 부울리언 연산을 이용하여 아래의 [수학식 2]에 의하여 구할 수 있다.

#### 수학식 2

$$S = \bigcup_i A(t)$$

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스윙 경계선 계산의 예를 나타낸 예시도로서, (a)는 경로와 경로에서의 부메랑 모양의 물체의 움직임을 키프레임을 보여준 것이고, (b)는 물체의 움직임을 보여주며, (c)는 스윙 영역을 경계선으로 표현한 것을 보여준다.

이때 움직이는 물체 A가 반지름 d의 원이고 경로 곡선 P(t)가 평면 물체 O의 경계선일 때, 스윙 S의 경계선 Q(t)는 물체 O의 오프셋 곡선이 된다. 즉, 도 2에서의 물체를 원으로 바꾸어 생각하면 된다. 그러나, [수학식 2]에서 무한 합집합연산은 정확한 계산이 불가능하기 때문에 에러를 고려한 샘플링 과정과 엔빌롭(Envelop) 근사를 통하여 계산하게 된다.

또한, [수학식 2]에 따르면, S의 경계선 Q(t)는 기존의 방법을 근거로 하고 있는 [수학식 1]과는 다른데, 즉, [수학식 2]는 자기 교차나 상호 교차가 처리된 상태라는 점이다. 그렇기 때문에 본 발명에서는 오프셋 곡선의 계산에서 자기 교차나 상호 교차를 처리하는 별도의 단계가 필요하지 않다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 오프셋 곡선을 계산한 예시도로서, 도 3은 물체에 구멍이 없는 경우의 예시도이고, 도 4는 물체에 구멍이 한 개가 있는 경우의 예시도이다.

얇은 선들은 거리에 따른 오프셋 곡선들을 보여준다. 이 오프셋들은 모두 스윙 과정에서 자기 교차가 제거되었다. 구멍이 있는 경우에는 외부 오프셋과 내부 오프셋 사이에서 발생할 수 있는 상호 교차도 제거된다.

위와 같이 원을 물체 주위로 스윙시켜서 오프셋을 계산하는 경우, 외부와 내부의 오프셋이 한 쌍으로 계산된다. 하지만, 스윙/언스윙의 집합론적 성격에 의하여 외부 오프셋은 물체를 원 주위로 스윙시켜서 얻을 수 있고, 내부 오프셋은 물체를 원 주위로 언스윙시켜서 얻을 수 있다. 즉, 본 발명이 제안하고 있는 방법에 따르면 외부와 내부에 한 쌍의 오프셋을 모두 필요로 하지 않는 경우에 사용할 수 있는 효율적인 방법이다. 언스윙은 스윙의 집합론적 쌍연산(Dual Operation)으로 구할 수 있으며, 아래의 [수학식 3]에 의하여 구할 수 있다.

수학식 3

$$U = \bigcap_i A(t)$$

도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 스윙/언스윙으로 계산한 외부 오프셋 및 내부 오프셋의 예를 보여주는 예시도로서, 도 6은 상호 간섭 처리를 한 경우의 예시도이다.

도 5의 (a)는 별 모양의 구멍이 있는 원, (b)는 정하여진 반경만큼의 원을 따라 순차적으로 스윙/언스윙 시켜서 계산한 것, (c)는 외부 오프셋, (d)는 내부 오프셋을 나타낸 도면이며, 도 6의 (a)는 원 모양의 구멍이 있는 별, (b)는 순차적으로 스윙/언스윙 시켜서 계산한 것, (c)는 외부 오프셋, (d)는 내부 오프셋을 나타낸 도면이다.

한편, 도 6의 (d)에 나타난 내부 오프셋은 오프셋간의 상호 교차나 간섭이 발생하여 자동으로 제거 되었다.

도 7은 도 5의 (d)의 내부 오프셋을 계산할 때, 언스윙 연산을 순차적으로 적용해가는 과정을 보여주는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 원을 스윙시켜서 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 이를 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 스텝 S801에서, 물체 O의 경계선 P(t)를 설정하고, 스텝 S802에서, 오프셋 반경 d의 원 A를 설정하여, 스텝 S803에서, 스윙을 계산한 후, 스텝 S804에서, 상기 스텝 S803에서 구한 S의 외부 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고, S의 내부 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정한다.

한편, 상기 스텝 S803에서, 스윙은 아래의 [수학식 4]에 의하여 계산한다.

수학식 4

$$S = \bigcup_t (A + P(t)) = \bigcup_t A(t)$$

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 물체를 원을 따라 스윙시켜서 외부 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 이를 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 스텝 S901에서, 오프셋 반경 d의 원 A와 그 경계선 A(t)를 설정하고, 스텝 S902에서, 물체 O를 설정하여, 스텝 S903에서, 스윙을 계산한 후, 스텝 S904에서, 상기 스텝 S903에서 계산한 S1의 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정한다.

한편, 상기 스텝 S903에서의 스윙은 아래의 [수학식 5]에 의하여 계산한다.

## 수학식 5

$$S1 = \bigcup_t (O + A(t)) = \bigcup_t O(t)$$

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 물체를 원을 따라 언스웸시켜서 내부 오프셋 곡선을 구하는 방법을 나타낸 흐름도로서, 이를 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 스텝 S1001에서, 오프셋 반경 d의 원 A와 그 경계선 A(t)를 설정하고, 스텝 S1002에서, 물체 O를 설정하여, 스텝 S1003에서, 언스웸을 계산한 후, 스텝 S1004에서, 상기 스텝 S1003에서 계산한 S2의 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정한다.

한편, 상기 스텝 S1003에서의 스웸은 아래의 [수학식 6]에 의하여 계산한다.

## 수학식 6

$$S2 = \bigcap_t (O + A(t)) = \bigcap_t O(t)$$

상기와 같은 본 발명은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체로 기록되고, 컴퓨터에 의해 처리될 수 있다.

## 발명의 효과

앞서 상세히 설명한 바와 같이 오프셋 곡선 계산 과정에서 입력된 물체의 모양이나 구멍의 개수에 구애를 받지 않고, 계산된 오프셋 곡선을 실제로 사용하기 위해서 자기 교차나 상호 교차에서 오는 간섭 및 교차 부분을 제거해야 하는데, 본 발명에서는 이 과정을 별도로 필요로 하지 않고, 스웸/언스웸의 순차적 적용만으로 최종 결과를 얻을 수 있으므로, 복잡한 기하 처리 장치를 필요로 하지 않고, 간단한 기하 부울리언 연산 프로세서의 장착만으로 오차 한도 내에서 오프셋 곡선을 계산할 수 있다는 효과가 있다.

특히, 기하 부울리언 연산 및 이의 반복적 적용에 근거한 스웸/언스웸 연산은 자기교차나 상호교차 계산에 비해 구현이 쉽고 계산이 간단하며 에러가 적기 때문에 소프트웨어나 하드웨어적인 구현에 모두 용이하다는 효과가 있다.

이상에서 본 발명에 대한 기술 사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 가장 양호한 일 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 이 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자이면 누구나 본 발명의 기술 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

## (57) 청구의 범위

## 청구항 1.

스웸/언스웸을 이용한 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서,

물체 O의 경계선 P(t)를 설정하고, 오프셋 반경 d의 원 A를 설정하여, 스웸을 계산하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 구한 S의 외부 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고, S의 내부 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 스웸은 아래의 [수식 1]에 의하여 계산하는 것을 특징으로 하는 평면 물체의 오프셋 곡선 계산 방법.

## [수식 1]

$$S = \bigcup_t (A + P(t)) = \bigcup_t A(t)$$

## 청구항 3.

스웸/언스웸을 이용한 평면 물체의 외부 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서,

오프셋 반경 d의 원 A 및 상기 원 A의 경계선 A(t)를 설정하고, 물체 O를 설정하여, 스웸을 계산하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 계산한 스웸 곡선의 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 외부 오프셋 곡선 계산 방법.

**청구항 4.**

제 3 항에 있어서,

상기 스윙은 아래의 [수식 2]에 의하여 계산하는 것을 특징으로 하는 평면 물체의 외부 오프셋 곡선 계산 방법.

[수식 2]

$$S1 = \bigcup_t (O + A(t)) = \bigcup_t O(t)$$

**청구항 5.**

스윙/언스윙을 이용한 평면 물체의 내부 오프셋 곡선 계산 방법에 있어서,

오프셋 반경 d의 원 A와 그 경계선 A(t)를 설정하고, 물체 O를 설정하여, 언스윙을 계산하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 계산한 언스윙 곡선의 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면 물체의 내부 오프셋 곡선 계산 방법.

**청구항 6.**

제 5 항에 있어서,

상기 언스윙은 아래의 [수식 3]에 의하여 계산하는 것을 특징으로 하는 평면 물체의 내부 오프셋 곡선 계산 방법.

[수식 3]

$$S2 = \bigcap_t (O + A(t)) = \bigcap_t O(t)$$

**청구항 7.**

컴퓨터에,

물체 O의 경계선 P(t)를 설정하고, 오프셋 반경 d의 원 A를 설정하여, 아래의 [수식 4]에 의하여 스윙을 계산하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 구한 S의 외부 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하고, S의 내부 경계선들을 물체 O의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

[수식 4]

$$S = \bigcup_t (A + P(t)) = \bigcup_t A(t)$$

**청구항 8.**

컴퓨터에,

오프셋 반경 d의 원 A 및 상기 원 A의 경계선 A(t)를 설정하고, 물체 O를 설정하여, 아래의 [수식 5]에 의하여 스윙을 계산하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 계산한 스윙 곡선의 경계선들을 물체 O의 외부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

[수식 5]

$$S1 = \bigcup_t (O + A(t)) = \bigcup_t O(t)$$

**청구항 9.**

컴퓨터에,

오프셋 반경  $d$ 의 원  $A$ 와 그 경계선  $A(t)$ 를 설정하고, 물체  $O$ 를 설정하여, 아래의 [수식 6]에 의하여 언스웜을 계산하는 제 1 단계; 및

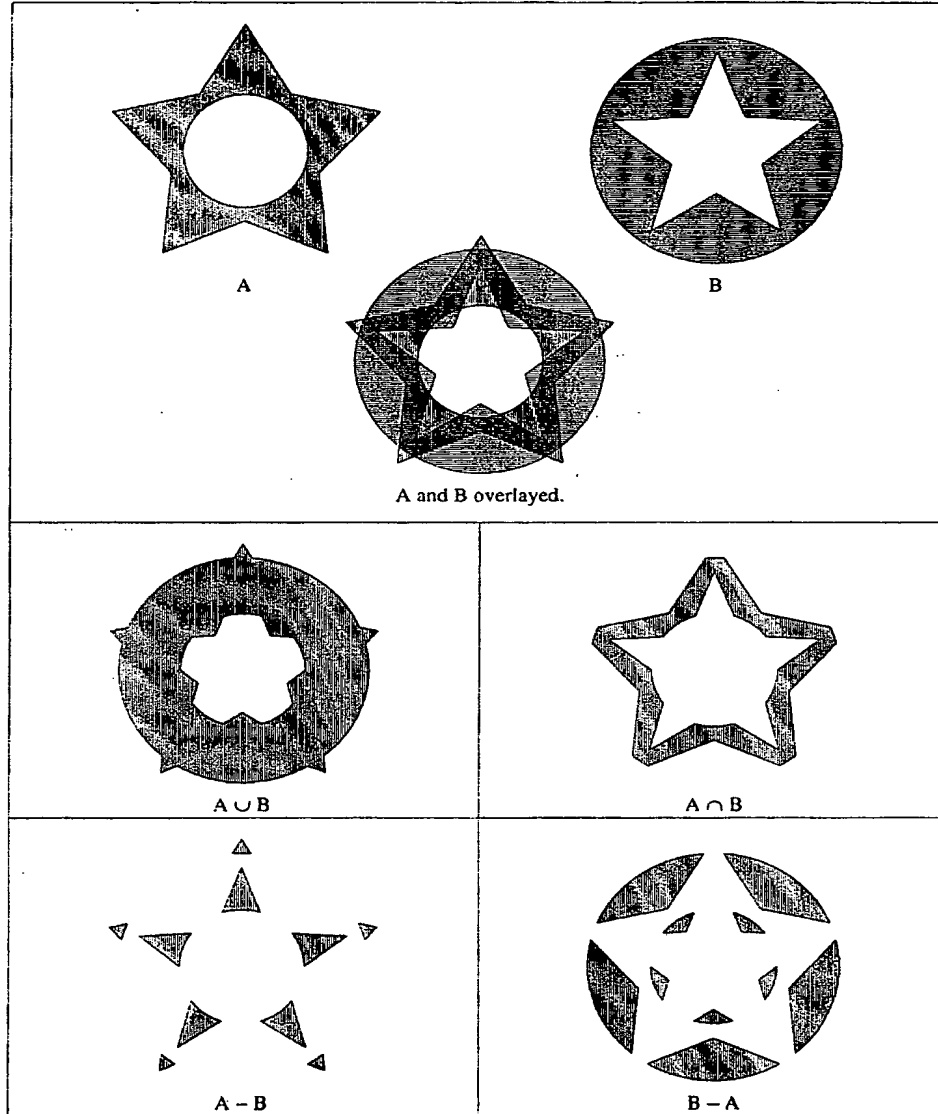
상기 제 1 단계에서 계산한 언스웜 곡선의 경계선들을 물체  $O$ 의 내부 오프셋 곡선으로 설정하는 제 2 단계를 포함하여 이루어진 것을 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

[수식 6]

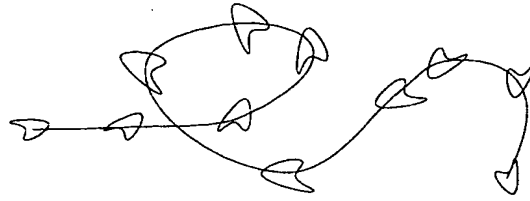
$$S2 = \bigcap_t (O + A(t)) = \bigcap_t O(t)$$

도면

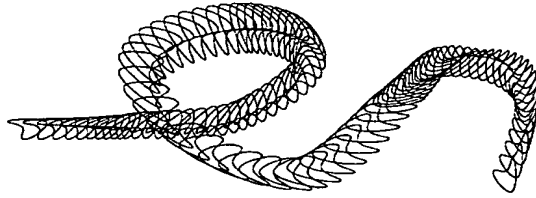
도면 1



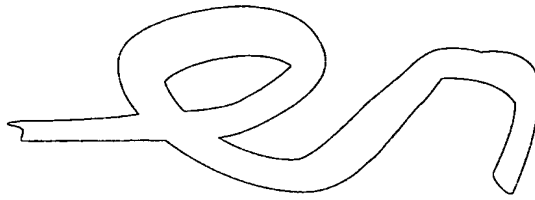
도면 2



(a)

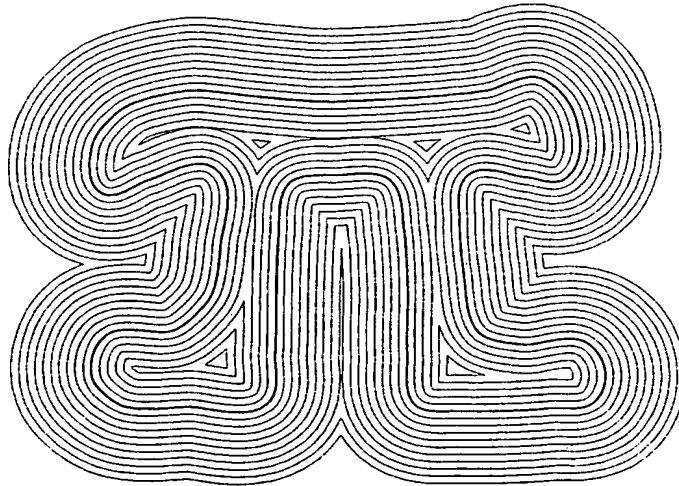


(b)



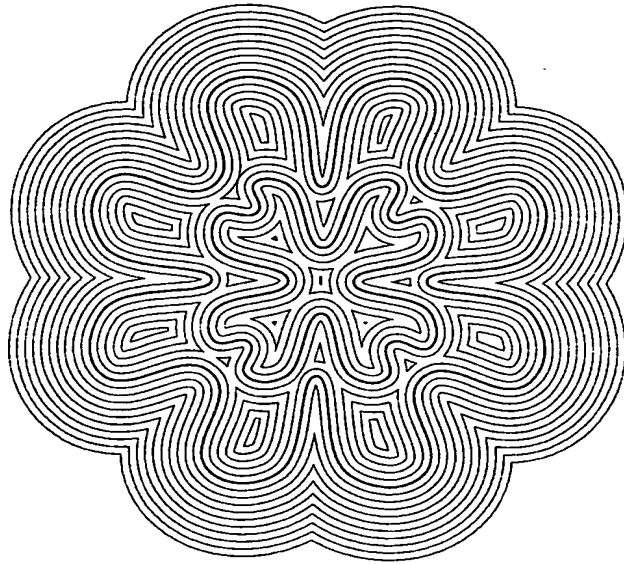
(c)

도면 3

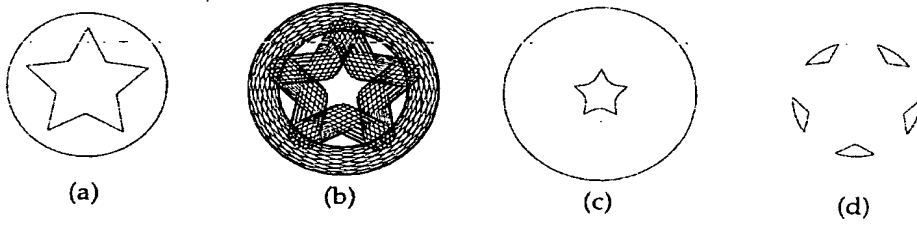




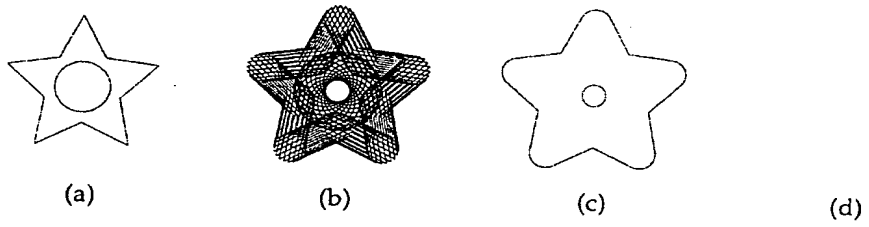
도면 4



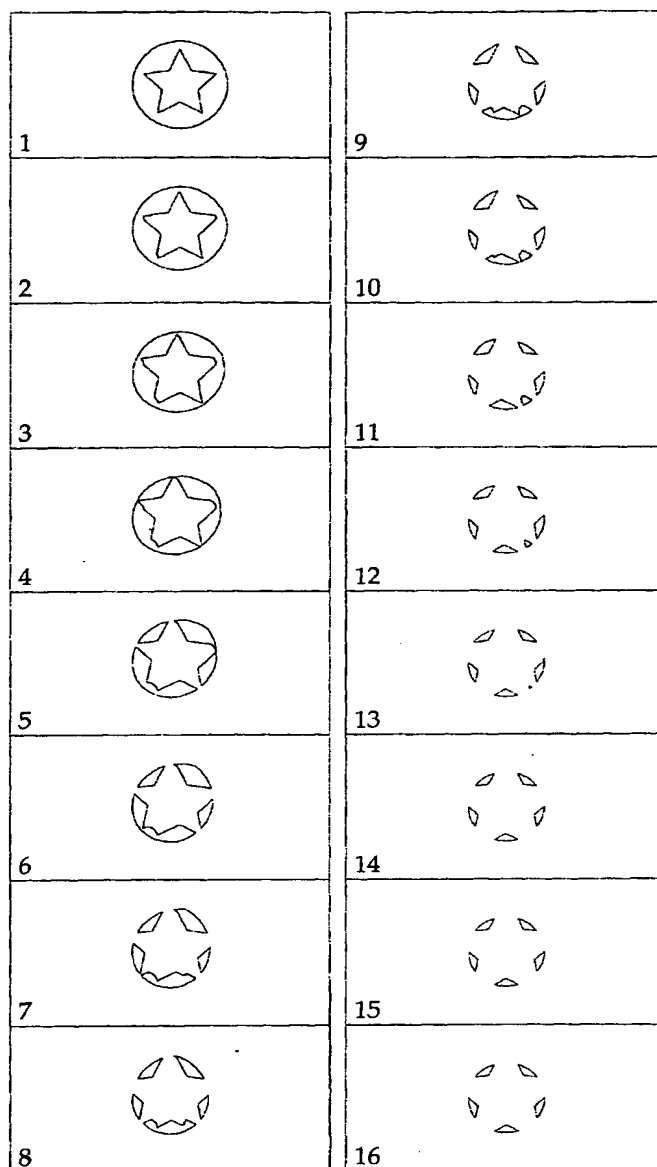
도면 5



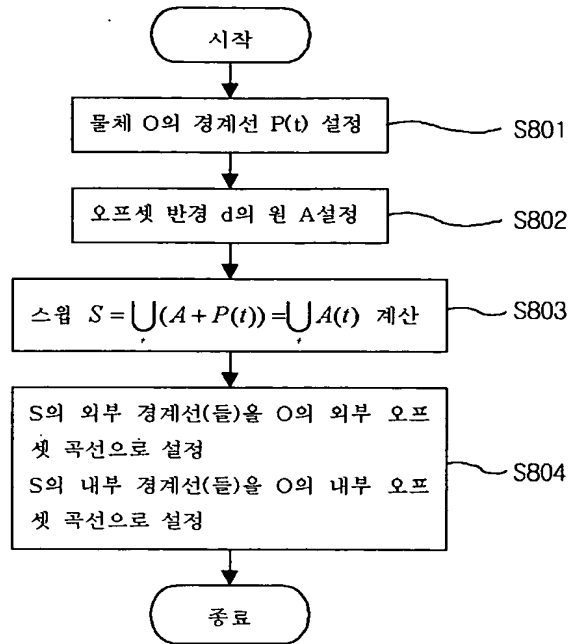
도면 6



도면 7



도면 8



도면 9

